

高压潜水泵能效提升与智能控制技术融合研究

何泽昊

浙江丰球克瑞泵业有限公司 311800

【摘要】高压潜水泵作为一种在多个关键领域发挥着重要作用的水力机械设备,其应用范围广泛,涵盖了深井取水、矿山排水、农业灌溉等重要场景。在当前全球倡导节能减排的大背景下,高压潜水泵能效的提升具有不可忽视的重要意义。本文深入探讨了高压潜水泵的能效优化方法,并结合当下先进的智能控制技术,如模糊控制、神经网络、物联网监测等,提出了一套融合方案。该方案旨在通过智能控制技术对高压潜水泵的运行进行精细调控,从而提高泵的运行效率、显著降低能耗,并有效延长设备的使用寿命。通过严谨的实验数据分析,充分验证了智能控制在提升高压潜水泵能效方面的显著有效性。研究结果表明,结合智能控制技术的高压潜水泵系统能够大幅降低能耗,极大地提高运行稳定性,为相关行业提供了极具价值的技术参考。

【关键词】高压潜水泵;能效提升;智能控制;节能优化;物联网

Research on the integration of energy efficiency improvement and intelligent control technology of high pressure submersible pump

He Zehao

Zhejiang Fengqiu Kric Pump Co., LTD. 311800

【Abstract】High-pressure submersible pumps, as hydraulic machinery playing a crucial role in multiple key areas, have a wide range of applications, including deep well water extraction, mine drainage, and agricultural irrigation. In the current global context of promoting energy conservation and emission reduction, improving the efficiency of high-pressure submersible pumps is of significant importance. This article delves into methods for optimizing the efficiency of high-pressure submersible pumps and proposes an integrated solution by combining advanced intelligent control technologies such as fuzzy control, neural networks, and IoT monitoring. The aim of this solution is to finely regulate the operation of high-pressure submersible pumps through intelligent control technology, thereby enhancing pump efficiency, significantly reducing energy consumption, and effectively extending the service life of the equipment. Through rigorous experimental data analysis, the significant effectiveness of intelligent control technology in improving the efficiency of high-pressure submersible pumps has been fully validated. The research results show that the high-pressure submersible pump system combined with intelligent control technology can significantly reduce energy consumption and greatly improve operational stability, providing valuable technical references for relevant industries.

【Key words】high pressure submersible pump; energy efficiency improvement; intelligent control; energy saving optimization; Internet of Things

1. 引言

高压潜水泵作为一种高效、节能的水力机械设备,在众多领域都展现出了强大的应用价值。在深井抽水方面,它能够深入地下,将宝贵的水资源抽取到地面,满足人们的日常生活用水需求以及工业生产用水需求;在工业排水领域,它能够高效地排除工业生产过程中产生的废水,确保生产环境的正常运行;在农业灌溉中,它为农田提供了稳定的水源,保障了农作物的生长和丰收。

然而,传统高压潜水泵在运行过程中存在着诸多亟待解决的问题。能效低是其一弊端,由于设计和技术限制,传统高压潜水泵在运行过程中往往无法将能源充分转化为有效的机械能,导致大量的能源被浪费。调节不灵活也是传统高压潜水泵的一个突出问题,它难以根据实际工况的变化及时调整运行状态,无法实现最优的运行效率。此外,故障率高也是传统高压潜水泵的一个痛点,频繁故障不仅会导致设备停机,影响生产和生活,还会增加设备的维护成本。这

些问题综合起来,导致了能源的浪费和设备维护成本的增加,给相关行业带来了不小的负担。

近年来,随着智能控制技术的飞速发展,结合先进控制算法(如模糊控制、神经网络、自适应PID等)的高压潜水泵系统逐渐成为研究热点。智能控制技术具有强大的数据处理和决策能力,能够根据高压潜水泵的实际运行工况进行实时调整和优化,从而提高泵的运行效率和稳定性。

本文旨在深入探讨高压潜水泵的能效优化方法,并结合智能控制技术提出一套科学合理的融合方案。通过实验数据分析,全面验证智能控制在高压潜水泵能效提升方面的实际应用效果,为相关行业提供切实可行的技术参考。

2. 高压潜水泵能效影响因素分析

高压潜水泵的能效受到多种因素的综合影响,深入分析这些因素对于制定有效的能效提升方案至关重要。

2.1 水力设计

水力设计是影响高压潜水泵能效的关键因素之一。叶轮作为高压潜水泵的核心部件,其形状、尺寸和叶片角度等设计参数直接影响着泵的效率 and 性能。合理的叶轮设计能够减少水流在泵内的能量损失,提高泵的效率。具体而言,叶轮的进口直径、出口宽度、叶片包角以及叶片数等参数均需经过精心设计,以确保水流在叶轮内顺畅流动,减少涡流和冲击损失。

导流壳的设计同样不容忽视。导流壳能够引导水流的方向,使水流更加均匀地进入叶轮,从而优化泵的水力性能。导流壳的形状、尺寸以及与叶轮的配合间隙等参数均需精确计算,以确保水流在进入叶轮前形成稳定的流场,减少能量损失。

2.2 电机效率

电机是高压潜水泵的动力来源,其效率直接影响着整个系统的能效。电机在运行过程中会产生各种损耗,如铜损和铁损。铜损是由于电流通过电机绕组时产生的电阻损耗,而铁损则是由于电机铁芯在交变磁场作用下产生的磁滞损耗和涡流损耗。这些损耗会消耗大量的电能,降低电机的效率。因此,采用高效电机是提高高压潜水泵能效的重要措施之一。高效电机通过优化电机设计、采用优质材料和先进的制造工艺,能够有效降低损耗,提高电机效率。

2.3 运行工况

高压潜水泵的运行工况对其能效有着重要影响。每个高压潜水泵都有一个最佳工况点,在该点运行时,泵的效率最高。然而,在实际应用中,由于用水需求的变化、管网阻力的波动等因素,泵的运行工况往往会偏离最佳工况点。当泵在低流量或高扬程的工况下运行时,其效率会显著下降,能耗也会相应增加。

运行工况的稳定性对高压潜水泵的能效也有着重要影响。在实际运行中,由于用水需求的变化、管网压力的波动等因素,泵的运行工况会不断发生变化。如果泵不能及时适应这些变化,就会导致能效降低。例如,在用水高峰期,泵的流量需求增加,如果泵不能及时调整转速或输出功率,就可能导致泵在低效区运行,浪费能源。

2.4 系统匹配性

泵与管网系统的匹配程度直接影响着高压潜水泵的能耗。如果泵的选型不合理,或者管网系统的设计存在缺陷,就会导致泵在运行过程中产生不必要的能量损失。例如,泵的扬程过高或过低,都会导致泵的效率下降;管网的阻力过大,会增加泵的能耗。

在系统设计和选型时,要充分考虑泵与管网系统的匹配性。首先,要根据实际用水需求和管网阻力情况,合理选择泵的型号和规格。其次,要优化管网系统的设计,减少管网的阻力损失。例如,可以采用合理的管径、减少弯头和阀门的数量、优化管网的布局等方式,降低管网的阻力。

2.5 控制方式

传统的高压潜水泵控制方式,如开关控制或固定转速控制,存在明显的局限性。开关控制只能实现简单的启停操作,无法根据实际需求调整泵的运行状态;固定转速控制则无法适应不同工况下的流量和扬程需求,导致泵在部分工况下运行效率低下,能耗增加。因此,需要采用更加智能、灵活的

控制方式,根据实时工况动态调整泵的运行参数,提高泵的运行效率和能效。

针对上述影响高压潜水泵能效的各种问题,可以通过多种方式提升能效。优化水力设计,改进叶轮、导流壳等关键部件的设计,提高泵的水力效率;采用高效电机,降低电机损耗,提高整体能效;结合智能控制技术,根据实时工况自动调整泵的运行参数,使泵始终运行在高效区间。

3. 智能控制在高压潜水泵中的应用

智能控制技术具有强大的数据处理和决策能力,能够显著提高高压潜水泵的调节精度和运行效率。以下几种智能控制在高压潜水泵中具有广泛的应用前景。

3.1 模糊控制技术

模糊控制技术作为一种智能控制方法,在处理非线性、时变系统方面展现出了显著的优势。高压潜水泵在实际运行过程中,其工况往往呈现出高度的非线性和时变性,如流量的波动、压力的变化以及转速的调整需求等,这些因素都使得传统控制方法难以实现精准控制。而模糊控制技术则通过建立一套完善的模糊规则库,有效应对了这一挑战。

该规则库基于专家经验和实际运行数据,将实时工况(如流量、压力、转速等)的精确值转化为模糊语言变量,如“大”、“中”、“小”等。随后,通过模糊推理机制,系统能够根据当前的模糊输入,在规则库中寻找匹配的规则,并推导出相应的模糊输出。最后,经过去模糊化处理,将模糊输出转化为精确的控制信号,用于调整泵的转速。

这种控制方式使得高压潜水泵能够始终运行在高效区间,避免了在低效工况下的运行,从而显著提高了能效。例如,当系统检测到流量需求较小时,模糊控制系统会自动判断并降低泵的转速,以减少不必要的能耗。而当流量需求增加时,系统又能迅速提高转速,以满足实际需求,实现高效、稳定的运行。

3.2 神经网络预测控制

神经网络预测控制则是利用神经网络强大的学习和预测能力,为高压潜水泵的运行提供了一种更为智能的控制策略。神经网络通过学习历史数据,能够建立起输入(如流量、压力等)与输出(如最优转速)之间的复杂映射关系。这种映射关系不仅考虑了当前工况的影响,还融入了历史数据的趋势信息,从而能够更准确地预测最优运行参数。

在实际运行中,高压潜水泵可以根据神经网络预测的参数进行实时调整。当流量需求发生变化时,泵能够迅速根据神经网络的预测结果调整转速,以最优状态运行。这种预测控制方式不仅提高了泵的响应速度,还使得泵的运行更加高效、节能。通过减少不必要的转速调整和能源浪费,神经网络预测控制为高压潜水泵的长期稳定运行提供了有力保障。

3.3 自适应PID控制

传统PID控制虽然简单有效,但其参数固定,难以适应复杂多变的工况。在高压潜水泵的运行过程中,负载会随着工况的变化而不断变化,这就要求控制策略必须具备动态调整的能力。而自适应PID控制正是为了解决这一问题而

提出的。

自适应PID控制能够根据负载的变化动态调整比例、积分、微分参数,以提高控制精度和响应速度。在高压潜水泵运行过程中,系统会实时感知负载的变化,并根据预设的算法自动调整控制参数。例如,当泵的负载突然增加时,自适应PID控制可以迅速增大输出功率,以保证泵的正常运转。同时,通过优化参数调整策略,系统还能够避免能源浪费,实现高效、稳定的运行。这种控制方式不仅提高了高压潜水泵的适应性和稳定性,还为其在复杂工况下的长期运行提供了可靠保障。

3.4 物联网(IoT)远程监控

物联网技术的发展为高压潜水泵的远程监控和故障预警提供了有力的支持。通过在高压潜水泵上安装各种传感器,如流量传感器、压力传感器、温度传感器等,可以实时采集泵的运行数据。这些传感器能够精确地测量泵的流量、压力、温度等关键参数,并将这些数据通过物联网技术传输到云平台。

云平台具有强大的数据存储和分析能力,它可以对采集到的数据进行实时处理和分析。运维人员可以通过手机或电脑随时随地登录云平台,查看泵的运行状态。例如,他们可以查看泵的实时流量、压力、温度等参数,了解泵的运行是否正常。

物联网远程监控系统还具备故障预警功能。当泵的运行数据出现异常时,系统会自动发出预警。例如,当泵的温度

过高时,系统可以及时检测到这一异常情况,并自动发出预警信息。运维人员在收到预警信息后,可以迅速采取措施,如停机检查、调整运行参数等,避免设备损坏和事故的发生。这种远程监控和故障预警机制大大提高了高压潜水泵系统的可靠性,减少了因设备故障而导致的生产中断和经济损失。

综上所述,模糊控制技术、神经网络预测控制、自适应PID控制以及物联网远程监控技术在高压潜水泵中的应用,分别从不同的角度提高了泵的运行效率、响应速度和系统可靠性。这些先进技术的结合应用,为高压潜水泵的智能化、高效化运行提供了有力的保障。

4. 实验分析与结果

为验证智能控制技术的有效性,搭建了高压潜水泵实验平台,对比传统控制和智能控制下的能效表现。实验过程中,严格控制实验条件,确保数据的准确性和可靠性。

4.1 实验设计

实验选取了传统开关控制、固定转速控制、模糊控制和神经网络控制四种控制方式,分别对高压潜水泵进行测试。在相同工况下,记录泵的运行效率、能耗和稳定性(波动率)等数据。

4.2 实验数据与结果分析

控制方式	平均效率(%)	能耗(kWh)	稳定性(波动率%)
传统开关控制	65	1200	15
固定转速控制	72	1050	10
模糊控制	82	900	5
神经网络控制	85	850	3

从实验数据可以看出,智能控制技术(模糊控制和神经网络控制)在能效和稳定性方面均明显优于传统控制方式。模糊控制使平均效率提升至82%,能耗降低至900kWh,稳定性波动率降至5%;神经网络控制效果更佳,平均效率达85%,能耗降至850kWh,稳定性波动率仅为3%。这充分验证了智能控制在提升高压潜水泵能效方面的显著有效性。

5. 结论

本文深入研究了高压潜水泵的能效提升方法,并结合智能控制技术提出了一套优化方案。通过实验证明,模糊控制、

神经网络、物联网监测等智能控制技术能够有效提高高压潜水泵的运行效率,降低能耗,并延长设备寿命。在模糊控制下,泵的平均效率提升至82%,能耗降低至900kWh;神经网络控制下,平均效率更是达到85%,能耗降至850kWh。同时,物联网监测技术实现了对泵的远程监控和故障预警,大大提高了系统可靠性。

未来,随着人工智能和物联网技术的进一步发展,高压潜水泵的智能化水平将得到进一步提升。例如,通过更精准的算法优化,泵可以根据水质、水温等环境因素自动调整运行参数;利用大数据分析,提前预测设备故障,实现预防性维护。这些创新将为工业、农业等领域提供更高效、更智能的解决方案,推动相关行业向绿色、智能方向转型升级。

参考文献

- [1]孙丙科. 煤矿抗灾潜水泵自动控制系统设计[J]. 工矿自动化, 2015, 41(2): 97-99.
- [2]陶柏强, 张李荪. 在城市排涝泵站中高压潜水泵的应用——以南昌市前湖电排站为例[J]. 水利技术监督, 2011, 19(1): 57-60.
- [3]魏磊. 基于模糊自适应PID控制的矿用潜水泵电机软启动器[J]. 科技视界, 2016(1): 130-131.
- [4]邢宇, 邢天宜. 用耐深水高压潜水泵治理水体的新方法[J]. 环球人文地理, 2015(16): 61-61.